

IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO FMEA NUMA PME

IMPLEMENTATION OF THE METHOD IN FMEA SMES

APLICACIÓN DEL MÉTODO EN FMEA PYME

Amândio Baía (baia@ipg.pt)*

Ana Silva (cris.fortunato@gmail.com) **

RESUMO

As Micros e as Pequenas e Médias Empresas (PME) em Portugal assumem um papel de destaque no contexto empresarial português. Contudo, diversos fatores aliados a uma conjuntura económica delicada tornam estas organizações vulneráveis.

A presente investigação teve como objetivo aplicar uma ferramenta de diagnóstico e avaliação de potenciais falhas num processo de uma PME, Empresa GORT, que simultaneamente integrasse as áreas da Qualidade, Ambiente e Segurança.

Com base na metodologia FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) - Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos foram identificados os modos de falha ao nível da Qualidade (defeitos), Ambiente (impactes ambientais) e ao nível da Segurança, Higiene e Saúde do trabalho (riscos profissionais), em cada fase de um processo de injeção de um componente em borracha e avaliados os respetivos índices de gravidade, ocorrência e deteção.

A simplicidade de aplicação desta metodologia permitiu a sua otimização traduzida na avaliação simultânea dos riscos de qualidade, ambiente e segurança, reduzindo o tempo, otimizando recursos e traduzindo-se em ações de melhoria efetiva do processo, tornando-o mais estável e robusto em todas as suas vertentes e, consequentemente, contribuindo para a obtenção de resultados benéficos para a organização.

Palavras-chave: FMEA, PME, Qualidade, Ambiente, Segurança.

ABSTRACT

The Micro and Small and Medium Enterprises (SMEs) in Portugal play a major role in the Portuguese business context. However, several factors allied to a delicate economic situation make these vulnerable organizations.

This research aimed to apply a diagnostic tool and evaluation of potential shortcomings in the process of an SME, Enterprise GORT, which simultaneously integrates the areas of Quality, Environment, and Safety.

Based on the FMEA methodology (Failure Mode and Effect Analysis) - the failure and its Effects Modes Analysis failure modes were identified at Quality level (defects), environment (environmental impacts) and the level of Safety, Hygiene and Health work (occupational hazards), in each phase of a one component injection process rubber and evaluated the respective severity indexes, occurrence, and detection.

The simplicity of application of this methodology allowed its optimization translated the simultaneous evaluation of quality risk, environment, and safety, reducing the time, optimizing resources and translating into effective actions to improve the process, making it more stable and robust in all its dimensions and thus contributing to achieving beneficial results for the organization.

Keywords: FMEA, SMEs, Quality, Environment, Safety.

RESUMEN

Los (PYME) Micro y pequeñas y medianas empresas en Portugal juegan un papel importante en el contexto empresarial portugués. Sin embargo, varios factores afines a una situación económica delicada hacen vulnerables a estas organizaciones.

Esta investigación tuvo como objetivo aplicar una herramienta de diagnóstico y evaluación de las posibles deficiencias en el proceso de una PYME, Empresa GORT, que integra de forma simultánea las áreas de Calidad, Medio Ambiente y Seguridad. Sobre la base de la metodología AMFE (Análisis Modal de Fallos y Efectos) - cuyo fallo y sus modos de fallo Efectos modos de análisis se identificaron a nivel de calidad (defectos), medio ambiente (impactos ambientales) y el nivel de seguridad, la higiene y la salud trabajar (riesgos laborales), en cada fase de un proceso de inyección de caucho y un componente evaluado los respectivos índices de gravedad, ocurrencia y detección.

La sencillez de la aplicación de esta metodología permite su optimización tradujo la evaluación simultánea de riesgo de calidad, medio ambiente y seguridad, reduciendo el tiempo, la optimización de los recursos y su traducción en acciones efectivas para mejorar el proceso, por lo que es más estable y robusto en todos sus dimensiones y contribuyendo así a la consecución de resultados beneficiosos para la organización.

Palabras clave: FMEA, PYME, calidad, medio ambiente, seguridad.

*Doutor em Gestão pela Universidade de Coventry, England, Mestrado em Gestão Industrial pela Universidade de Clemson, USA, Licenciatura em Gestão pela Universidade da Beira Interior, Professor Coordenador da Escola Superior de Tecnologia e Gestão - Instituto Politécnico da Guarda.

*Mestre em Sistemas Integrados de Gestão – Instituto Politécnico da Guarda

INTRODUÇÃO

O final do século XX trouxe ao universo industrial profundas alterações nas metodologias de gestão. O crescimento industrial impresso, sobretudo, a partir da segunda metade do século passado, permitiu um olhar mais profundo sobre as questões relacionadas com a qualidade esperada pelo cliente sobre um produto ou serviço face aos custos de produção.

Autores como Crosby (2009), Deming (2000) ou Juran (1995) tornaram-se verdadeiros gurus no universo da Qualidade, desenvolvendo conceitos e ferramentas que permanecem incontornáveis nos atuais sistemas de gestão e nos documentos normativos que lhes estão associados. Por exemplo, o ciclo de melhoria contínua Plan-Do-Check-Act (PDCA) difundido por Deming (2000), não só faz parte da norma da Qualidade (ISO 9001) como também das normas Ambientais (ISO 14001) e de Segurança, Higiene e Saúde do Trabalho (OHSAS 18001 / NP 4397) que lhe seguiram. Também a matriz de maturidade organizacional de Crosby (2009), ainda hoje é uma ferramenta útil no conhecimento da maturidade da gestão da qualidade de qualquer organização.

Da mesma forma, a evolução das sociedades e o desenvolvimento do domínio legal relativo ao Ambiente (Zambrano, 2007; Verlag, 1996) e à Higiene, Segurança e Saúde do Trabalho (Cabral, 2012) alargaram o entendimento do sucesso das organizações não só em relação à qualidade do produto ou serviço mas também ao bem-estar dos seus colaboradores, da sociedade envolvente e à preservação ambiental, refletindo-se na proliferação de normas nas mais diversas áreas, nomeadamente as relativas às séries de gestão da Qualidade (ISO 9000), de Gestão Ambiental (ISO 14000), de gestão da Segurança, Higiene e Saúde do trabalho (OHSAS 18000 / NP 4397) e, mais recentemente, de Responsabilidade Social (SA 8000 / NP 4469).

Contudo, no contexto atual das empresas portuguesas, os sistemas integrados de gestão ainda são uma aposta reduzida, mas em franco crescimento. É de todo útil e pertinente unir sinergias no sentido de otimizar ferramentas que sirvam não só a Qualidade, bem como o Ambiente e a Higiene, Segurança e Saúde do Trabalho, otimizando não só os processos como reduzindo o tempo de implementação e, consequentemente, o tempo de obtenção de resultados proveitosos para a organização.

A presente investigação pretende descrever a aplicação da ferramenta de gestão da qualidade FMEA a um processo de uma PME, Empresa GORT, que produz componentes para automóveis, analisando os modos de falha do processo ao nível não só da Qualidade, como também do Ambiente e da Higiene, Segurança e Saúde do Trabalho.

REVISÃO DA LITERATURA

As constantes flutuações de mercado e a competitividade são cada vez maiores e, à escala global, trazem novos desafios para todas as organizações, sobretudo para as PME cuja implementação de um Sistema Integrado de Gestão poderá ser uma mais-valia não só como

cartão-de-visita para novos clientes, mas sobretudo como uma aposta real no aumento dos ativos financeiros. Tal como refere Luis Morais, “numa época em que a incerteza é norma, em que as alterações são quotidianas e, por vezes, dramáticas, deixar todo o sucesso nas mãos de uma única norma é impensável” (GEC, 2014, p.3).

As PME imperam no universo empresarial português. Todavia as suas já conhecidas fragilidades acrescidas das consequências da crise económica dos últimos anos levaram ao encerramento de muitas empresas. Estas organizações eram caracterizadas como empresas de estruturas simples, predominando níveis de escolaridade baixos, onde raramente existia um sistema integrado de gestão a não ser por imposição do cliente ou então por requisito legal.

A metodologia FMEA, assim designada na norma DIN 25 448 desde 1980, surge com uma ferramenta de melhoria de qualidade e é referenciada por Stamatis (2003) como uma técnica de engenharia extremamente relevante no contexto industrial atual, na medida em que procura definir, identificar e eliminar eventuais falhas, problemas ou erros do produto e do seu processo antes que cheguem ao cliente. Ou seja, é uma ferramenta analítica que procura antever os problemas que podem surgir desde a conceção e desenvolvimento dos produtos e, além disso, diagnostica medidas para evitar que esses problemas se concretizem. Ao ser determinado o efeito de cada falha e a probabilidade de ocorrência é possível também determinar a sua criticidade, sendo este modelo uma variação da FMEA, referido como Failure Modes, Effects and Criticality Analysis [FMECA] – é uma Análise Crítica dos Modos de Falha e seus Efeitos com uma caracterização dos riscos separada (Bertsche, 2008).

Esta metodologia ganhou consistência na indústria automóvel. Foi no final da década de setenta, que o grupo de operações da FORD Norte Americana a adaptou e a desenvolveu aplicando-a na conceção e no processo, tornando-se assim uma ferramenta de melhoria da qualidade com a consequente vantagem competitiva (Bongiorno, 2000).

Para além da Ford Motor Company, outras empresas da indústria automóvel, tais como a Chrysler Corporation e a General Motors Corporation, que faziam parte da Automotive Industry Action Group [AIAG], colocaram a FMEA como parte integrante do documento normativo QS-9000, que em 2006 deu lugar à norma técnica conhecida como ISO TS 16949. O mesmo sucedeu depois na indústria automóvel europeia, tornando-se a FMEA uma ferramenta integrada na norma Alemã VDA (Verband der Automobilindustrie), cujo procedimento para aplicação da metodologia é o mais extenso e o mais utilizado pelas organizações Europeias, sobretudo as da indústria automóvel (Bertsche, 2008).

Todavia, a metodologia FMEA não se desenvolveu apenas como uma ferramenta da indústria automóvel. Atualmente é aplicada em áreas tão distintas como, por exemplo, a medicina ou o desenvolvimento de software (Laurenti et al., 2012; Pentti e Atte 2002).

É consensual que uma organização que aplique esta ferramenta corretamente consiga obter dividendos futuros não só pela melhor otimização de recursos que possui, como também pelo aumento considerável dos índices de satisfação do cliente e das restantes partes interessadas (McDermott et al., 2009).

Compreensivelmente, ao aplicar-se a metodologia FMEA nas fases de projeto do produto ou desenvolvimento do processo, as medidas preventivas e corretivas não só são mais fáceis de aplicar como acabam por reduzir significativamente os custos de não qualidade e, consequentemente tornam os processos mais consistentes e robustos (McDermott et al., 2009).

A definição dos procedimentos para aplicação da metodologia é de extrema relevância, pois a ambiguidade de critérios levará a uma análise menos rigorosa, logo a uma menor rentabilização da ferramenta e das melhorias a que esta pode conduzir. Segundo McDermott et al. (2009), sem procedimentos documentados podem ser introduzidas variações a qualquer momento, sobretudo na FMEA do processo. Também referem os mesmos autores, sem informações precisas sobre o produto ou o processo, a FMEA torna-se num jogo de adivinhas baseada apenas em opiniões, em vez de factos.

Neste sentido, há a necessidade de efetuar uma abordagem sistemática e seguir uma estrutura coerente e bem definida. Para isto contribui o formulário da FMEA onde se registam as conclusões do trabalho da equipa, bem como as revisões e atualizações consideradas pertinentes (AIAG, 2008).

Contudo, não existe um formulário universal. Embora a indústria automóvel tenha procurado standardizar os procedimentos e formulário da FMEA com o Manual de Referência FMEA publicado pela AIAG, cada organização adapta um formulário da FMEA de acordo com as suas necessidades, com o produto e as indicações do cliente (Stamatis, 2003).

Nesta investigação seguiu-se a proposta de McDermott et al. (2009) que indicam um total de dez passos aquando da implementação da técnica FMEA, quer a um produto quer a um processo (Quadro 1).

Quadro 1 - Passos para Abordagem à FMEA

1. Revisão do processo ou produto.
2. Levantamento dos potenciais modos de falha
3. Identificação dos efeitos potenciais de cada modo de falha.
4. Atribuição da gravidade para a gravidade de cada efeito.
5. Atribuição da pontuação para a ocorrência de cada modo de falha..
6. Atribuição da pontuação para a deteção de cada modo de falha e/ou efeito.
7. Cálculo do número de prioridade de risco de cada efeito..
8. Verificação das prioridades dos modos de falha para cada ação.
9. Aplicação de ações para eliminar ou reduzir os modos de falha como níveis de risco mais elevados.
10. Novo cálculo do número de prioridade de risco após implementação das ações.

Fonte: adaptado de McDermott et al. (2009, p.23).

Em suma, primeiro deve garantir-se que todos os intervenientes partilham o mesmo nível de entendimento sobre o que vai ser analisado. Para isso poder-se-á recorrer a um diagrama de fluxo e/ou a um fluxograma. O primeiro dará um ponto de vista macro do sistema e o

fluxograma detalhará o fluxo de trabalho desde as entradas às saídas, permitindo um maior, mais homogêneo e mais organizado conhecimento dos elementos da equipa.

Seguidamente realiza-se um brainstorming dos potenciais modos de falha de cada etapa e registam-se no formulário FMEA, ao que posteriormente se identificam as consequências de cada falha, caso elas aconteçam. Este aspeto é muito importante pois servirá para definir o Índice de Gravidade (McDermott et al., 2009).

Para além do Índice de Gravidade (consequência da ocorrência da falha), há que definir mais dois fatores: a ocorrência (probabilidade de a falha acontecer) e a deteção (possibilidade de detetar e/ ou prevenir a falha). Tal como o formulário, os critérios estipulados para avaliação destes fatores também não são universais, podendo ter um caráter quantitativo ou qualitativo e assumir uma distribuição numa escala de 1 a 5 ou 1 a 10 valores (sendo 1 o índice menor e 10 o maior), embora esta última seja a mais utilizada (Stamatis, 2003). É do produto da multiplicação dos valores destes fatores que se obtém o Risk Priority Number (RPN) e, consequentemente, se determina a necessidade da tomada de ações e se estipulam prioridades de intervenção, os responsáveis pelas implementações e os prazos para a sua execução (AIAG, 2008).

Após a implementação das ações sugeridas e acompanhamento da sua eficácia procede-se ao cálculo do novo RPN que, segundo McDermott et al. (2009), deverá ter sido reduzido em cerca de 50%. Porém caso este objetivo não seja atingido inicia-se uma nova análise, posto que o objetivo maior é a melhoria contínua.

Tal como aponta Stamatis (2003), a FMEA será produtiva quando identifica modos de falha potenciais e conhecidos, bem como as suas causas e efeitos e atribui prioridades de acordo com o cálculo da prioridade do risco para que possa seguir o problema e as ações corretivas e preventivas aplicadas, sendo que o tempo para a realização da FMEA dependerá sempre da complexidade do que está a ser alvo de aplicação da metodologia.

A aplicação da metodologia FMEA implica obrigatoriamente um trabalho de equipa, que se pretende multidisciplinar e com conhecimento do produto ou processo onde a FMEA vai ser aplicada, bem como capacidade e autoridade para tomar decisões. Esta multidisciplinaridade garante não só a redução de tempo e documentação através da experiência de diferentes áreas, como também garante processos de decisão em simultâneo, logo também mais rápidos. Para além disto, consegue ainda melhorar a criatividade e estimular a comunicação e coordenação entre as diferentes áreas / departamentos.

A equipa deverá ser constituída idealmente por 4 a 6 elementos que se julgam necessários com base nos departamentos afetados e também devem adequar-se à dimensão de cada organização. Uma equipa mais pequena poderá desconsiderar ou tratar inadequadamente aspetos importantes, mas se a equipa tiver mais de 7 ou 8 elementos também se corre o risco de afetar a dinâmica do grupo e nem todos contribuirão para a eficácia e eficiência dos resultados da mesma forma (Bersche, 2008).

O uso desta ferramenta não implica, necessariamente, conhecimentos técnicos específicos. Contudo os membros da equipa deverão ter formação e/ou experiência prévias em equipas de resolução de problemas, bem como no uso da FMEA e de outras ferramentas de melhoria, tais como fluxogramas (Barros, 2008). O sucesso da FMEA está numa equipa competente e experiente.

A FMEA é uma ferramenta poderosa que beneficia não só a organização, como também clientes e até consumidores finais, pois é capaz de melhorar as margens de lucro, aumentar a capacidade de recursos humanos e máquinas, identificar controlos necessários, cumprir com os requisitos e standards específicos da indústria e até assegurar a segurança do colaborador e do cliente (Loiselle, 2012). Todavia o uso da metodologia FMEA poderá ser morosa e, consequentemente, dispendiosa no sentido em que há sistemas complexos que poderão ser de difícil análise, juntando-se ao facto de existirem organizações sem um histórico de dados que imprima objetividade na avaliação.

Nesta investigação pretende descrever-se a metodologia usada aquando da implementação da técnica FMEA no fabrico de uma peça, numa PME do ramo automóvel.

METODOLOGIA

Enquadramento do Problema

Um dos aspetos que motivou o desenvolvimento desta investigação foi o início da implementação, na empresa GORT, do procedimento FMEA para apresentação das primeiras amostras - Production Part Approval Process (PPAP). Esta necessidade surge com o aparecimento de um novo projeto de produção de peças com grande volume de encomendas.

Consciente da importância atribuída a esta nova etapa, e sendo a FMEA uma ferramenta obrigatória no processo PPAP, foi proposto à gerência da GORT a criação e aplicação desta ferramenta num processo novo e que simultaneamente avaliasse não só as possíveis falhas de qualidade, como também de segurança e ambientais.

Seguiu-se uma calendarização dos trabalhos para uma melhor otimização do tempo que, numa primeira fase, implicou as seguintes ações: definição dos elementos da equipa, aplicação de um questionário aos elementos da equipa sobre o seu conhecimento relativamente aos temas a abordar, definição do plano de formação e recolha de informações sobre a peça a produzir e o seu processo. Embora seja considerado ideal equipas entre 4-6 elementos, foi considerado relevante ter uma equipa de 7 elementos, devido à relevância do projeto e à necessidade de formação de todos os elementos.

Com base no diagnóstico, foram definidas as ações de formação necessárias, bem como o número de horas adstritas. Segundo McDermott et al. (2009) não é necessário uma formação teórica intensiva em sala. Se o líder da equipa tiver conhecimentos sólidos no uso da FMEA poderá guiar a equipa na aplicação prática e solidificar os conhecimentos teóricos através da

experiência. Contudo e segundo os mesmos autores, é imprescindível que todos os elementos estejam familiarizados com o uso de ferramentas de resolução de problemas (Teixeira, 2011) e melhoria contínua, tais como fluxogramas.

As sessões para aplicação da FMEA iniciaram-se com a apresentação e análise dos dados referentes ao processo de produção da peça escolhida (Figura 1) pois segundo Stamatis (2003), a FMEA do processo analisa as possíveis falhas ao longo do processo de fabrico, abrangendo cinco componentes: trabalho, máquina, método, material, medição e ambiente, sendo que o objetivo é atingir ou exceder a segurança e a qualidade descritas na documentação da conceção / engenharia.



Figura 1 - Peça para o processo FMEA
Fonte: GORT (2015).

Segundo Teng e Ho (1996), o fluxograma é o input para a FMEA de processo. Assim, foi desenvolvido o fluxograma do processo que se apresenta na Figura 2 e que teve como objetivo principal tornar o processo de aplicação da ferramenta FMEA menos moroso e mais objetivo, suprimindo algumas das limitações da FMEA referenciadas na literatura e reduzindo a probabilidade de algum aspeto ser esquecido. A reflexão sobre as entradas e saídas de cada fase, bem como das atividades inerentes, procurou alinhar o domínio da Qualidade, ao qual a equipa estava mais sensível, com os domínios do Ambiente e da Segurança.

Entradas			Saídas
- Consumo de gás. - Consumo de energia.	1 Receção e Armazenagem da Matéria Prima	A matéria-prima é rececionada e armazenada após controlo (quantidade, validade, identificação e embalagem).	- Emissão de poluentes atmosféricos.
- Consumo de energia.	2 Planeamento da Produção	Mediante as encomendas recebidas, a produção é planeada utilizando um programa informático e de acordo com prioridades de entrega e a ocupação das prensas.	- Resíduos de consumíveis informáticos.
- Consumo de energia. - Consumo de MP e produtos subsidiários.	3 Preparação e Colocação do Molde e da Matéria-prima	Após limpeza do molde, este é montado na prensa de injeção. É colocada a matéria-prima e são inseridos os dados técnicos da máquina, de acordo com a documentação da referência a produzir.	- Resíduos de embalagem. - Resíduos de borracha.
- Consumo de energia. - Consumo de MP e produtos subsidiários. - Consumo de água.	4 Vulcanização (Prensas de Injeção)	Vulcanização da borracha em prensa de injeção e desmolde da peça com pistola pressurizada. Rebarbagem e controlo visual de possíveis defeitos.	- Resíduos de borracha. - Resíduos de embalagem e outros não diferenciados.
- Consumo de energia.	5 Tempera Forno	Depois das peças rebarbadas e verificadas pelo operador de prensa, são colocadas em carrinho metálico e vão ao forno a temperar.	- Emissão de poluentes atmosféricos.
- Consumo de energia.	6 Acabamentos	Terminando o tempo de tempera e após as peças estarem frias, seguem para os acabamentos onde algum excesso de rebarba é retirado e simultaneamente é feito novo controlo visual.	- Resíduos de borracha.
- Consumo de energia.	7 Controlo Final	É realizado um controlo final por amostragem das características mencionadas na Gama de Controlo da referência.	- Resíduos de borracha.
- Consumo de gás. - Consumo de embalagem e produtos subsidiários. - Consumíveis informáticos. - Consumo de energia.	8 Embalamento e Expedição	As peças são colocadas na embalagem definida e são pesadas para garantir as quantidades. A embalagem fechada, etiquetada com data e referência é colocada em palete. As paletes ficam armazenadas até ao dia da expedição, quando o cliente envia a etiqueta final que vai em cada caixa e é colocada por cima da etiqueta interna. São emitidos os documentos de expedição, o camião é carregado e as encomendas expedidas.	- Resíduos de consumíveis informáticos. - Emissão de poluentes atmosféricos. - Resíduos de embalagem e outros não diferenciados.

Figura 2 - Fluxograma do processo produtivo da peça
Fonte: GORT (2015)

A Empresa

Esta investigação foi desenvolvida numa empresa que, por questões de confidencialidade industrial, será designada por GORT. O seu processo produtivo centra-se na produção de peças em borracha com prensas de injeção, cuja conceção e desenvolvimento de cada produto, bem como cada molde são propriedade e desenvolvidos pelo cliente, uma multinacional europeia. As matérias-primas e componentes (plásticos ou metálicos) são também fornecidos pelo cliente que, neste âmbito, assume a função de fornecedor.

Cabe à GORT a produção, segundo as especificações do cliente, de dois tipos de produtos:

- Peças simples, decorrentes do processo de vulcanização de elastómeros (aplicação de calor e pressão a uma composição de borracha, a fim de dar a forma e propriedades do produto final).
- Peças compostas, em que ao produto final de borracha vulcanizada são acopladas peças metálicas ou plásticas.

Nestes dois tipos de produtos estão incluídas peças, para os mais diversos fins, de uma viatura automóvel. A Figura 3 apresenta alguns exemplos de peças simples e compostas produzidas na GORT.



Figura 3 - Exemplos de Peças Produzidas pela empresa GORT
Fonte: GORT (2015)

Na Tabela 1, é possível verificar que nos últimos seis anos a taxa de reclamações do cliente face aos envios efetuados fixou-se abaixo dos 0,28%, chegando mesmo a ter anos sem reclamações. Contudo, as reclamações em 2014 situaram-se muito perto do objetivo definido devido ao grande aumento de encomendas e ao fabrico de novos produtos (GORT, 2015).

Tabela 1 - Taxa Anual de Reclamações do Cliente por Total de Envios Anuais Efetuados

Ano	Objetivo anual definido pela GORT	Real
2008	≤ 0,45%	0,00%
2009	≤ 0,45%	0,28%
2010	≤ 0,45%	0,24%
2011	≤ 0,30%	0,00%
2012	≤ 0,25%	0,23%
2013	≤ 0,25%	0,19%
2014	≤ 0,25%	0,23%

Fonte: GORT (2015).

Relativamente à sua estrutura interna, a empresa reflete uma estrutura simples e de pequena dimensão, sendo que as responsabilidades estão centradas na Gerência, que assume, parcialmente, os departamentos Administrativo, Produtivo e Logístico. O Departamento de Qualidade integra não só a conformidade e certificação do Sistema de Gestão da Qualidade, bem como todo o processo de inspeção e verificação diária dos atributos qualitativos e quantitativos dos produtos.

O processo produtivo, apesar de existirem mais de duas centenas de referências (peças) diferentes, é relativamente simples e o facto da produção de cada uma das referências ter processos comuns acaba por ser uma mais-valia na procura da melhoria contínua.

A empresa em 2015 contava com 57 colaboradores sendo que 47,37% têm habilitações literárias inferiores ou iguais ao 6º ano de escolaridade e aproximadamente 75,4% possuem habilitações literárias máximas até ao 3º ciclo do ensino básico (9º ano de escolaridade).

Apenas 5,26% dos colaboradores possui um curso superior, o que poderá obrigar, de certa forma, a empresa a reforçar o seu processo de formação.

O compromisso de qualidade assumido com o cliente reflete-se no seu Sistema de Gestão da Qualidade, certificado segundo o referencial normativo NP EN ISO 9001:2008 desde Junho de 2011, cujo âmbito de certificação recai sobre o fabrico de peças em borracha, ou seja a GORT é responsável por produzir peças em borracha com ferramentas e especificações de produção do cliente, excluindo-se assim o ponto 7.3 da norma NP EN ISO 9001:2008 – “Conceção e Desenvolvimento” (GERTOR, 2011).

Tabelas de Avaliação dos Índices de Gravidade, Ocorrência, Detecção e Número de Prioridade de Risco

De uma maneira geral, as diversas metodologias de avaliação de riscos de Segurança, Higiene e Saúde do Trabalho (SHST) e impactes ambientais assentam, essencialmente, na determinação da probabilidade e da gravidade para avaliar o nível de risco, podendo ser ponderados outros fatores em função do método de estimativa e valoração de riscos escolhidos (Roxo, 2009).

Tendo em conta que a organização faz parte da indústria automóvel, o formulário e os critérios para os índices da metodologia FMEA utilizados para concretizar este projeto foram adaptados do Manual de Referência FMEA (AIAG, 2008), procurando não só ajusta-los à organização e ao processo em causa, mas também contemplar as três vertentes – Qualidade, Ambiente e Segurança.

O Quadro 2 apresenta o Índice de Gravidade (G) e tem em consideração os efeitos/consequências da falha/do perigo/do aspeto ambiental e no caso de eles ocorrerem, determina a sua gravidade na qualidade (próximo cliente interno ou externo/sistema/processo), no ambiente (impacte ambiental) ou na segurança (riscos profissionais).

Originalmente, este índice já inclui alguns critérios de segurança para os níveis mais elevados, relacionados com os perigos para o operador. Contudo considerou-se que tornaria o trabalho da equipa mais simples, objetivo e, conseqüentemente, mais expedito se os critérios contemplassem as áreas de SHST, Ambiente e Qualidade, separadamente.

Quadro 2 - Critérios para determinação do Índice de Gravidade (G)

Efeito	SHST	Ambiente	Qualidade	Classificação
Catastrófico	1 morto ou mais.	Danos ambientais muito graves e irreversíveis, com grande magnitude e extensão e com custos muito elevados de reposição do equilíbrio ambiental.	Coloca em perigo a máquina ou o operador. Severidade muito elevada quando um modo de falha potencial afeta a segurança e / ou envolve o não cumprimento das regulamentações governamentais, sem aviso.	10
Crítico	Lesões graves com incapacidade total permanente.	Danos ambientais muito graves e irreversíveis, mas de pequena extensão. Custos elevados de reposição do equilíbrio ambiental.	Coloca em perigo a máquina ou o operador. Severidade muito elevada quando um modo de falha potencial afeta a segurança e / ou envolve o não cumprimento das regulamentações governamentais, com aviso.	9
Muito Alto	Lesões graves com incapacidade parcial permanente.	Danos ambientais muito graves mas reversíveis, embora associados a um custo elevado de reposição do equilíbrio ambiental.	Grande interrupção na linha de montagem. 100% do produto poderá ter que ser rejeitado. Item inoperativo e com perda de função. Cliente muito insatisfeito.	8
Alto	Lesões graves com incapacidade temporária ≥ 1 mês.	Danos ambientais graves mas reversíveis, com custos de reposição do equilíbrio ambiental ao custo médio mensal com o encaminhamento de resíduos.	Pequena perturbação na linha de produção. Produto pode ter que se triado e uma porção do produto (<100%) ter que ser desperdiçado. Item operacional, mas com um nível de performance reduzido. Cliente insatisfeito.	7
Moderado	Lesões graves com incapacidade temporária >3 dias até 1 mês.	Danos ambientais de magnitude e extensão moderadas, mas reversíveis com ações mitigadoras. Custos de reposição do equilíbrio ambiental \leq ao custo médio mensal com o encaminhamento de resíduos.	Pequena perturbação na linha de produção. Uma proporção do produto (<100%) pode ter que ser desperdiçado (não escolhido). Item operacional, mas itens de conveniência inoperacionais. Cliente desconfortado.	6
Baixo	Lesões com incapacidade temporária ≤ 3 dias.	Danos ambientais de pequena magnitude, reversíveis com ações mitigadoras e sem custos de reposição do equilíbrio ambiental.	Pequena perturbação na linha de produção. 100% do produto tem que ser recuperado. Item operacional, mas itens de conveniência operacionais a reduzidos níveis de performance. Alguma insatisfação do cliente.	5
Muito Baixo	Lesões com incapacidade temporária, sem perda de dias de trabalho, mas com paragem e com intervenção de primeiros socorros externos.	Danos ambientais de muito pequena magnitude e reversíveis com ações imediatas, mas que implicam uso de equipamentos e materiais para contenção e/ou eliminação.	Pequena perturbação na linha de produção. O produto pode ter que ser triado e uma proporção do produto (<100%) recuperado. Defeito detetado pela maioria dos clientes.	4
Menor	Lesões com incapacidade temporária, sem perda de dias de trabalho, mas com paragem e com intervenção de primeiros socorros internos.	Danos ambientais de muito pequena magnitude e reversíveis com ações imediatas e sem custos.	Pequena perturbação na linha de produção. Uma proporção do produto (<100%) pode ter que ser recuperado na linha, mas fora do posto de trabalho. Defeito detetado pela média dos clientes.	3
Insignificante	Incidente sem necessidade de paragem e sem intervenção de primeiros socorros.	Danos ambientais de magnitude insignificante, reversíveis com ações imediatas e sem custos.	Pequena perturbação na linha de produção. Uma proporção do produto (<100%) pode ter que ser recuperado na linha e no posto de trabalho. Só alguns clientes notam o defeito.	2
Sem Impacto	Sem danos.	Sem danos.	Sem efeito.	1

Fonte: Silva (2016)

O Índice de Ocorrência (O) baseia-se na probabilidade com que se prevê ocorrer um modo de falha, um risco profissional ou um impacte ambiental em consequência de uma falha específica / de um perigo / de um aspeto ambiental.

Neste índice, os critérios para a área da qualidade contemplam não só critérios para o número possível de defeitos, como também determinam valores para o Índice de Capacidade do Processo (Cpk), sendo que, quanto mais alta for a capacidade do processo, menor será a probabilidade de ocorrerem defeitos. No caso da peça em estudo, foram considerados dois diâmetros (ver Quadro 3) como características críticas para o estudo da capacidade do processo que, através de recolha de dados da produção, permitiram comparar a dispersão da Distribuição Normal que lhe está associada com as tolerâncias que foram definidas pela engenharia.

Quadro 3 - Especificações da Peça para o processo FMEA

Designação	Clean Air Duct
Matéria-prima [MP] (borracha)	AEM – referência 51T7550
Índice de Engenharia	"b" 04.12.14
Dureza da borracha	75 Shore A \pm 5
Densidade da borracha	1,25 \pm 0,02 g/cm ³
Características críticas para estudo da capacidade do processo	\varnothing 60,2 – 0,5 mm \varnothing 54,4 – 0,5 mm

Fonte: GORT (2015)

Assim sendo, considerou-se que os critérios respeitantes à área da qualidade para o Índice de Ocorrência (O), apresentado no Quadro 4, deveriam refletir separadamente a possível taxa de falha do Índice de Capacidade do Processo (Cpk).

Quadro 4 - Critérios para determinação do Índice de Ocorrência (O)

Efeito	SHST	Ambiente	Qualidade	C _{pk}	Classificação
Muito alta	O risco profissional é inerente a toda a atividade laboral diária e por períodos prolongados.	O impacto ambiental ocorre constantemente.	Defeito é praticamente inevitável (> 1 em 2).	< 0.33	10
	O risco profissional é inerente a toda a atividade laboral diária, mas por períodos reduzidos.	O impacto ambiental ocorre algumas vezes durante o dia.	Defeito é praticamente inevitável (1 em 3).	≥ 0.33	9
Alta	O risco profissional está inerente a algumas tarefas que ocupam, pelo menos, metade do tempo da atividade laboral diária.	O impacto ambiental ocorre um vez por dia.	Associado a processos parecidos que já tenham falhado (1 em 8).	> 0.51	8
	O risco profissional está inerente a algumas tarefas que ocupam menos de metade do tempo da atividade laboral diária.	O impacto ambiental ocorre várias vezes durante a semana.	Associado a processos parecidos que já tenham falhado (1 em 20).	> 0.67	7
Moderada	O risco profissional está inerente a algumas tarefas da atividade laboral semanal e por períodos prolongados.	O impacto ambiental ocorre uma vez por semana.	Associado a processos parecidos que já tenham tido falhas ocasionais, mas em pequena escala (1 em 80).	> 0.83	6
	O risco profissional está inerente a algumas tarefas da atividade laboral semanal e por períodos reduzidos.	O impacto ambiental ocorre várias vezes por mês.	Associado a processos parecidos que já tenham tido falhas ocasionais, mas em pequena escala (1 em 400).	> 1.00	5
	O risco profissional está inerente a uma tarefa da atividade semanal e por períodos reduzidos.	O impacto ambiental ocorre uma vez por mês.	Associado a processos parecidos que já tenham tido falhas ocasionais, mas em pequena escala (1 em 2000).	> 1.17	4
Baixa	O risco profissional está presente ocasionalmente durante a atividade laboral e por períodos reduzidos.	O impacto ambiental ocorre semestralmente.	Defeitos isolados associados a processos similares (1 em 150000).	> 1.33	3
	Incidente sem necessidade de paragem e sem intervenção de primeiros socorros.	O impacto ambiental ocorre anualmente.	Defeitos isolados associados a processos similares (1 em 150000).	> 1.50	2
Remota	O risco profissional ocorre raramente e é eliminado através de controlo preventivo.	O impacto ambiental é eliminado através de controlo preventivo.	Defeito é improvável - a falha é eliminada através de controlo preventivo (1 em 1500000).	> 1.67	1

Fonte: Silva (2016)

O Índice de Detecção (D) reflete a probabilidade de que seja detetada, por um controlo, a existência de um defeito, de um impacto ambiental ou de um risco profissional e os critérios apresentam-se no Quadro 5.

No cálculo do Número de Prioridade de Risco [NPR], para cada modo de falha, utilizou-se a fórmula $NPR = G \cdot O \cdot D$ onde cada índice foi calculado em conformidade com os critérios definidos.

Quadro 5 - Critérios para determinação do Índice de Detecção (D)

Probabilidade	Critério (possibilidade de detetar e prevenir)	Classificação
Praticamente impossível	Não são conhecidas medidas de controlo para detetar a causa potencial ou o subsequente modo de falha / impacte ambiental / risco profissional.	10
Muito remota	As medidas de controlo existentes têm uma probabilidade muito remota de detetarem a causa potencial ou o subsequente modo de falha / impacte ambiental / risco profissional.	9
Remota	As medidas de controlo existentes têm uma probabilidade remota de detetarem a causa potencial ou o subsequente modo de falha / impacte ambiental / risco profissional.	8
Muito baixa	As medidas de controlo existentes têm uma probabilidade muito baixa de detetarem a causa potencial ou o subsequente modo de falha / impacte ambiental / risco profissional.	7
Baixa	As medidas de controlo existentes têm uma probabilidade baixa de detetarem a causa potencial ou o subsequente modo de falha / impacte ambiental / risco profissional.	6
Moderada	As medidas de controlo existentes têm uma probabilidade moderada de detetarem a causa potencial ou o subsequente modo de falha / impacte ambiental / risco profissional.	5
Moderadamente alta	As medidas de controlo existentes têm uma probabilidade moderadamente alta de detetarem a causa potencial ou o subsequente modo de falha / impacte ambiental / risco profissional.	4
Alta	As medidas de controlo existentes têm uma probabilidade alta de detetarem a causa potencial ou o subsequente modo de falha / impacte ambiental / risco profissional.	3
Muito Alta	As medidas de controlo existentes têm uma probabilidade muito alta de detetarem a causa potencial ou o subsequente modo de falha / impacte ambiental / risco profissional.	2
Quase certeza	Os controlos existentes detetarão quase de certeza a causa potencial ou o subsequente modo de falha. Detecção fiável, e os controlos são conhecidos de processos similares / impacte ambiental / risco profissional.	1

Fonte: Silva (2016)

De forma a distinguir os modos de falha mais críticos dos mais negligenciáveis, foram definidos três níveis de intervenção materializados nas cores constantes do Quadro 6, possibilitando também priorizar as intervenções que deverão ser tomadas para reduzir as classificações, seguindo a ordem: Gravidade, Ocorrência e Detecção (AIAG, 2008).

Quadro 6 - Critérios para a determinação do Número de Prioridade de Risco (NPR)

Critério	Significado do Nível de Intervenção
NPR > 100 ou G > 9	Risco não aceitável. Situação considerada crítica e implica correção urgente.
NPR [45 – 99]	Risco moderado. Corrigir e adotar medidas de controlo logo que possível.
NPR ≤ 45	Risco aceitável. Poderão ser efetuadas melhorias mediante uma análise mais precisa.

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A aplicação da ferramenta FMEA revelou-se extremamente útil na identificação dos modos de falha, pois os diagramas de fluxo permitem aumentar a compreensão que uma determinada equipa de trabalho terá face a um processo, posto que detalha os fluxos ordenadamente, sem esquecer etapas (McDermott et al., 2009).

Muito embora a FMEA tenha sido aplicada a todas as fases do processo: receção e armazenagem da matéria-prima, planeamento da produção, preparação do molde e da matéria-prima, vulcanização, tempera, acabamentos, controlo final e embalagem, e expedição, apresentamos apenas, no Quadro 7, a nível de exemplo, um extrato da investigação desenvolvida referente ao processo do controlo final. Por exemplo, neste processo, a nível ambiental, foi recomendado criar um ecoponto de borracha no exterior para acomodar os resíduos das peças não conformes.

Embora as diversas fases do processo em estudo fossem bastante claras, nem sempre foi fácil identificar os modos potenciais de falha. Todavia, as maiores dificuldades sentidas foram ao nível da identificação das respetivas causas que recaíam, inicialmente, na falha humana.

A análise da implementação da técnica FMEA foi feita tendo em conta as produções realizadas para um total de 37612 peças produzidas, das quais 810 peças (2,15%) foram consideradas não conformes.

Cada passo do processo foi analisado utilizando, essencialmente, o brainstorming. Nas fases cujos modos de falha eram mais complexos, foi usado o diagrama de causa e efeito para que a análise das causas fosse estudada de forma mais eficiente.

É de extrema relevância salientar que serviram também como inputs para esta FMEA, para além de toda a informação de processos, a ficha de dados de segurança da matéria-prima, os resultados dos estudos de capacidade de processo realizados aquando do processo de apresentação de amostras, bem como dos índices de sinistralidade, a avaliação dos níveis de iluminância, a avaliação do ruído ocupacional e a avaliação do ruído ambiental. As ações propostas tiveram em consideração o conhecimento teórico e prático dos intervenientes, bem como a exequibilidade das mesmas.

A aplicação da metodologia FMEA, cujos resultados se apresentam sintetizados no Quadro 8 permitiu identificar o total de 118 modos potenciais de falha, para os quais foram apontados 352 controlos existentes, repetindo-se alguns controlos para diferentes modos potenciais de falha e algumas ações recomendadas para os níveis de risco mais elevados.

Quadro 7 – Aplicação da Metodologia FMEA ao processo Controlo Final

Descrição do Processo	Q/AISRT	Modo Potencial de Falha	Efeito(s) Potencial(ais) de Falha	Gravidade (G)	Classe	Causa(s) Potencial(ais) da Falha	Ocorrência	Controlos Atuais	Detecção (D)	N.º P. R.	Ações Recomendadas
Controlo Final	Qualidade	Pecas com sujidade.	Peca não conforme	8		Instrução de trabalho para acabamentos insuficiente.	2	Auditoria semestral ao produto. Controlo de defeitos por amostragem segundo sistema AQL (<i>Acceptable Quality Level</i> 0,40 III).	2	32	
		Pecas com bolhas de ar.	Peca não conforme	8		Instrução de trabalho para acabamentos insuficiente.	2	Auditoria semestral ao produto. Controlo de defeitos por amostragem segundo sistema AQL (<i>Acceptable Quality Level</i> 0,40 III).	2	32	
		Pecas com falta de borracha.	Peca não conforme	8		Instrução de trabalho para acabamentos insuficiente.	2	Auditoria semestral ao produto. Controlo de defeitos por amostragem segundo sistema AQL (<i>Acceptable Quality Level</i> 0,40 III).	2	32	
		Pecas com cortes.	Peca não conforme	8		Instrução de trabalho para acabamentos insuficiente.	2	Auditoria semestral ao produto. Controlo de defeitos por amostragem segundo sistema AQL (<i>Acceptable Quality Level</i> 0,40 III).	2	32	
		Pecas com rasgos.	Peca não conforme	8		Instrução de trabalho para acabamentos insuficiente.	2	Auditoria semestral ao produto. Controlo de defeitos por amostragem segundo sistema AQL (<i>Acceptable Quality Level</i> 0,40 III).	2	32	
		Pecas com rebarba excessiva.	Peca não conforme	8		Instrução de trabalho para acabamentos insuficiente.	2	Auditoria semestral ao produto. Controlo de defeitos por amostragem segundo sistema AQL (<i>Acceptable Quality Level</i> 0,40 III).	2	32	
		Pecas com borracha vulcanizada.	Peca não conforme	8		Instrução de trabalho para acabamentos insuficiente.	2	Auditoria semestral ao produto. Controlo de defeitos por amostragem segundo sistema AQL (<i>Acceptable Quality Level</i> 0,40 III).	2	32	
		Pecas deformadas.	Peca não conforme	8		Instrução de trabalho para acabamentos insuficiente.	2	Auditoria semestral ao produto. Controlo de defeitos por amostragem segundo sistema AQL (<i>Acceptable Quality Level</i> 0,40 III).	2	32	
		Diâmetro 60,2 -0,5 mm fora de especificação.	Peca não conforme	8	▼	Molde com desgaste.	3	Auditoria semestral ao produto. Controlo de defeitos por amostragem segundo sistema AQL (<i>Acceptable Quality Level</i> 0,40 III).	2	48	Tendo em conta a flexibilidade dos diâmetros, calcular o C _{pk} com base na medição de 50 peças não por paquímetro, mas por métodos 3D (projetor de perfil, por exemplo).
		Diâmetro 54,4 - 0,5 mm fora de especificação.	Peca não conforme	8	▼	Molde com desgaste.	3	Auditoria semestral ao produto. Controlo de defeitos por amostragem segundo sistema AQL (<i>Acceptable Quality Level</i> 0,40 III).	2	48	
		Caraterísticas físico-químicas fora de especificação (Densidade 1,25 ± 0,02 gr/cm ³ e Dureza Shore A 75 ± 5).	Peca não conforme	8	▼	Não cumprimento da Instrução para homologação da primeira vulcanização.	2	Auditoria semestral ao produto. Controlo de defeitos por amostragem segundo sistema AQL (<i>Acceptable Quality Level</i> 0,40 III).	2	32	

Quadro 7 – Aplicação da Metodologia FMEA ao processo Controle Final

Descrição do Processo	QIA / SBT	Modo Potencial de Falha	Efeito(s) Potencial(ais) de Falha	Gravidade (G)	Classe	Causa(s) Potencial(ais) da Falha	Ocorrência	Controles Atuais	Deteção (D)	R. P. R.	Ações Recomendadas
Controle Final	Ambiente	Consumo de energia.	Impactes associados à produção e transporte de energia (emissões, resíduos).	3		Utilização de iluminação localizada na bancada.	5	Existência de lâmpadas energeticamente eficientes (balastro integrado).	1	15	
		Resíduos de peças não conformes.	Impactes associados ao tratamento dos resíduos usados e aos resíduos do processo de tratamento.	6		Peças defeituosas.	4	Controlo de qualidade das peças e acompanhamento do volume mensal de estragados.	2	48	Desenvolver ações de acompanhamento da produção e maior deteção e reação ao defeito na fonte (prensa), como, por exemplo, ter no local a 1ª peça OK; lista de defeitos com ajuda visual, reduzindo a quantidade de estragados.
			Contaminação do solo.	6		Contentor de borracha localizado em áreas expostas a intempéries e com capacidade reduzida.	4	Encaminhamento de resíduos para operadores licenciados.	2	48	Criar ecoponto no exterior, afastado da nave fabril, protegido de vandalismo e intempéries e onde possa ser acondicionado em recipientes adequados até serem recolhidos pelo operador.
	SBT	Operações de controlo de peças.	Perda de acuidade visual.	5		Encandeamento ou pouca iluminação no plano de trabalho.	5	Iluminação localizada na bancada.	1	25	
						Tarefas de controlo com exigência visual intensa.	5	Luminárias de tonalidade fria, reduzindo a fadiga visual e induzindo à atividade.	2	50	Medir os níveis de iluminação e desencadear medidas de acordo com os resultados.
		Lesões músculo-esqueléticas (Carga física: posição de trabalho).		5		Trabalho sentado à bancada por longos períodos de tempo.	5	Apoio-pés com ângulo regulável.	1	25	
								Alternância entre posição sentado e em pé.	1	25	
								Cadeira ergonómica, permitindo o ajuste em altura, ao nível do antebraço e na zona lombar.	1	25	
		Uso de equipamentos de medição e monitorização (cavilhas, paquímetro, durómetro, balança de densidade).	Riscos psicossociais (Carga mental).	2		Tarefas minuciosas e que requerem concentração.	5	Atividade que curta duração (menos de metade do tempo de trabalho diário).	2	20	

Fonte: Silva (2016)

Quadro 8 - Síntese de Resultados da aplicação FMEA ao processo

Área	Modos Potenciais de Falha	Controlos Atuais	Área	N.P.R.		
				Risco aceitável	Risco moderado	Risco não aceitável
Receção e armazenagem de MP	Qualidade	4	9	9	0	0
	Ambiente	3	5	3	2	0
	SHST	3	15	6	9	0
Planeamento da produção	Qualidade	6	11	5	5	1
	Ambiente	2	3	0	3	0
	SHST	3	7	5	2	0
Preparação do molde e da MP	Qualidade	9	19	13	6	0
	Ambiente	4	6	0	5	1
	SHST	6	36	18	16	2
Vulcanização	Qualidade	9	65	22	27	16
	Ambiente	7	14	3	9	2
	SHST	3	29	12	8	9
Tempera	Qualidade	5	13	10	3	0
	Ambiente	2	2	1	0	1
	SHST	3	8	5	2	1
Acabamentos	Qualidade	10	20	4	16	0
	Ambiente	2	4	1	1	2
	SHST	2	9	6	3	0
Controlo Final	Qualidade	12	24	20	4	0
	Ambiente	2	3	1	2	0
	SHST	2	6	5	1	0
	Qualidade	8	17	9	8	0

Embalamento e Expedição	Ambiente	5	8	0	8	0
	SHST	6	19	12	7	0
TOTAL		118	352	170	147	35

Fonte: Silva (2016)

Os resultados permitem ainda concluir que, embora haja, em média, cerca de 3 controlos para cada modo potencial de falha, esses controlos revelam-se pouco eficazes posto que a maioria dos níveis de prioridade de risco (182) são de risco moderado e não aceitável.

Relativamente ao Níveis de Prioridade de Risco, analisando separadamente as áreas que se apresentam no Quadro 9, verifica-se que a maioria dos controlos existentes na Qualidade e em SHST têm um risco aceitável. Contudo nas três áreas há riscos não aceitáveis que necessitam de intervenção imediata. Na área ambiental, os riscos são maioritariamente moderados e, de uma maneira geral, os resultados comprovam que a empresa não possui impactes ambientais significativos, todavia há que ter em conta que 6 controlos têm riscos associados que necessitam de intervenção imediata.

Quadro 9 - NPR dos Controlos Atuais por Áreas

Área	Risco aceitável	Risco moderado	Risco não aceitável
Qualidade	92	69	17
Ambiente	9	30	6
SHST	69	48	12

Quanto à fase do processo com riscos mais significativos e que necessitam de ações corretivas e/ou de melhoria, é, sem dúvida, a vulcanização. Sendo também a fase mais importante do processo, as medidas propostas terão impacto nas fases seguintes, independentemente da área de intervenção. Por exemplo, a alteração e redimensionamento da iluminação dos postos de trabalho – iluminação com tecnologia diodo emissor de luz (Light Emitting Diode [LED]), localizada e tendo em conta os níveis de iluminância para tarefas de esforço visual exigente – permite não só detetar um defeito na peça o mais rapidamente e o mais a montante do processo possível, como também proporciona um maior conforto visual ao operador, reduzindo a fadiga visual e o impacto ambiental, pois é um equipamento energeticamente mais eficiente.

Uma outra medida sugerida e que trará melhorias significativas em três áreas diz respeito ao sistema da manutenção com aposta clara na manutenção preditiva e preventiva, reduzindo tempos de paragem de máquinas por problemas técnicos, redução de desperdícios e resíduos (por exemplo, a

análise ao óleo hidráulico permite identificar claramente a necessidade ou não de mudança), redução dos níveis de ruído através da identificação e reparação de fugas no sistema de ar comprimido ou eliminação de deficiências nas partes hidráulicas ou mecânicas da máquina.

De uma maneira geral, esta ferramenta permitiu conhecer melhor não só o processo produtivo da peça, como também a própria organização, na medida em que houve uma reflexão sobre os controlos existentes para os modos de falha identificados.

Para além disto, a própria divisão do NPR em três níveis, faculta uma visão geral do estado do processo. Através das manchas de cor predominantes, facilmente se tem uma noção quer do estado do processo, quer das fases mais críticas, quer ainda das áreas com maiores problemas. Salienta-se que, embora haja modos potenciais de falha que se repetem em diferentes fases do processo, a classificação atribuída a cada índice varia consoante os vários fatores que lhe estão associados e com a consequente variação do NPR que determina a necessidade ou não de desencadear ações.

As ações recomendadas foram discutidas pela equipa, permitindo confirmar a sua exequibilidade não só com quem trabalha diretamente com o processo, como também com os decisores, posto que algumas ações implicam investimento financeiro.

Tendo em conta a extensão do número de modos potenciais de falha com o NPR que implica o desencadear de ações, esta ferramenta permitiu também, através dos valores obtidos, estipular prioridades de intervenção dentro de cada nível de risco.

Salienta-se ainda que esta FMEA permitiu identificar requisitos legais que não estão a ser cumpridos e poderão não só originar contraordenações mas também implicar o pagamento de coimas e principalmente poderão contribuir para a melhoria das três áreas em análise. Um exemplo claro será a conclusão das ações relativas à conformidade legal das máquinas que reduzirá riscos para o operador, otimizará sistemas obsoletos da máquina, rentabilizando a produção e reduzindo os resíduos e desperdícios de matéria-prima. Um outro exemplo será a implementação do Plano de Emergência Interno que irá proteger bens, pessoas e meio ambiente, pois serão concebidas e testadas periodicamente as medidas preventivas preconizadas.

Sendo o foco desta investigação as melhorias em três áreas – Qualidade, Ambiente e Segurança – os resultados obtidos refletem claramente, quer nos controlos existentes para os modos potenciais de falha, quer nas ações propostas para os níveis de risco moderado e risco não aceitável, uma interligação entre as três áreas, sendo que as melhorias propostas resultam numa melhoria efetiva do produto, da segurança do operador e do meio ambiente, o que trará efetivamente melhorias significativas para a organização em causa.

RECOMENDAÇÕES

O estudo realizado, no âmbito da implementação da ferramenta FMEA, permite sugerir algumas, modestas, recomendações para a empresa GORT em conformidade com os problemas encontrados:

A criação de uma equipa de manutenção (com elementos internos e/ou externos), com formação ao nível elétrico, mecânico e hidráulico poderá implementar um sistema de manutenção adequado às necessidades da empresa, em geral, e dos equipamentos produtivos (prensas de injeção), em particular, colmatando não só as ações decorrentes da conformidade legal das máquinas, como também modernizando sistemas obsoletos, permitindo uma maior e melhor otimização dos equipamentos e eliminando ou diminuindo os riscos profissionais diagnosticados.

A implementação urgente de um Plano de Segurança que integre o Plano de Emergência Interno e contemple o dimensionamento dos meios de deteção e combate a incêndios e outras emergências possíveis, bem como todos os outros requisitos legais exigidos. Sugere-se ainda que este plano seja integrado com o Plano de Contingência já existente.

A monitorização das emissões para a atmosfera é um requisito obrigatório que ainda não foi realizado e poderá ser determinante para baixar alguns Níveis de Prioridade de Risco diagnosticados como não aceitáveis.

A importância de definir e demarcar no pavimento vias de passagem e áreas de trabalho, bem como otimizar e organizar os postos de trabalho, tendo como princípio “um lugar para cada coisa e cada coisa no seu lugar”. Neste sentido, esta ação poderá ser integrada na possível implementação da metodologia 5S.

A aposta mais efetiva na formação e enriquecimento das competências dos colaboradores. Sugere-se, por exemplo, que sejam os operadores de máquina a realizar a manutenção de primeiro nível e que esta inclua aspetos de segurança (testagem da paragem de emergência, conformidade dos equipamentos de proteção coletiva e individual) e aspetos ambientais (fugas de óleo, recipientes para resíduos).

CONCLUSÕES

As Micro e as Pequenas e Médias Empresas (PME) assumem um papel essencial na economia nacional e têm procurado ultrapassar as suas fragilidades para se manterem no mercado globalizado. Um dos fatores de diferenciação é, sem dúvida, a crescente certificação dos seus sistemas, sobretudo no que respeita a Sistemas Integrados de Gestão de Qualidade, Ambiente e Segurança.

Inerente à integração de sistemas, está também a otimização de ferramentas que, simultaneamente, proporcionem a melhoria de todas as áreas certificadas. Assim sendo, a metodologia de Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (Failure Mode and Effect Analysis [FMEA]) pela sua versatilidade, simplicidade de aplicação e adaptabilidade a diferentes realidades poderá ser implementada em qualquer organização, independentemente da sua dimensão ou do aspeto, processo ou produto a analisar.

A presente investigação reflete os resultados alcançados com a implementação da FMEA a um processo industrial de uma PME, empresa GORT, onde foram identificados, todos os potenciais

modos de falha respeitantes à Qualidade, Ambiente e Higiene, Segurança e Saúde do Trabalho, com a respetiva valorização em termos de gravidade, ocorrência e deteção, tendo sido posteriormente propostas ações corretivas e/ou preventivas para os Níveis de Prioridade de Risco [NPR] de risco moderado e não aceitável.

Esta investigação permitiu ainda formar uma equipa interna no uso da FMEA que, juntamente com o conhecimento detalhado do processo que possuem foi possível definir ações exequíveis e diminuir o risco associado aos modos de falha diagnosticados, bem como estender essas ações a processos semelhantes, reduzindo o tempo de implementação de outras FMEA.

Contudo, a implementação da FMEA às três áreas em análise revelou-se bastante dispendiosa a nível de tempo sendo que a compilação prévia de toda a informação disponível – avaliações de risco, dados de não qualidade, dados de produção, controlos de qualidade – bem como o fluxograma e a adaptação dos critérios para os Índices de Gravidade, Ocorrência e Deteção ao contexto da empresa, permitiram reduzir os momentos de dispersão aquando da discussão na avaliação dos índices de cada modo potencial de falha. Importa ainda salientar que aquando da conclusão da FMEA, mais de metade das ações recomendadas encontravam-se já em fase de implementação.

Como linhas de investigação futura e também no sentido de colmatar e ultrapassar as dificuldades sentidas ao longo deste projeto, entende-se que será de todo pertinente reavaliar os novos RPN após a implementação das ações recomendadas e analisar a sua eficácia, bem como até que ponto essas ações potenciaram “lições aprendidas” para outros processos.

BIBLIOGRAFIA

- AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP (AIAG, 2008). POTENTIAL FAILURE MODE EFFECTS ANALYSIS (FMEA) – REFERENCE MANUAL. 4TH EDITION. ISBN 978-1-60534-136-1.
- BARROS, B. M. C. R. (2008). ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE NO DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DAS PFMEA'S NA BLAUPUNKT (DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL, UNIVERSIDADE DE AVEIRO). DISPONÍVEL EM [HTTP://hdl.handle.net/10773/1598](http://hdl.handle.net/10773/1598), ACEDIDO EM 20 DE SETEMBRO DE 2014.
- BERTSCHE, B. (2008). RELIABILITY IN AUTOMOTIVE AND MECHANICAL ENGINEERING. BERLIN: SPRINGER-VERLAG. ISBN 978-3-540-33969-4.
- BONGIORNO, J. (2000). IMPROVING FMEAs: FMEAs CAN TRANSFORM COMPLIANCE INTO COMPETITIVE ADVANTAGE. DISPONÍVEL EM [HTTP://www.qualitydigest.com/Oct00/html/fmea.html](http://www.qualitydigest.com/Oct00/html/fmea.html), ACEDIDO EM 17 DE JANEIRO DE 2013.
- CABRAL, F. (2012). MANUAL DE SEGURANÇA, HIGIENE E SAÚDE DO TRABALHO. VERLAG DASHOFER. DISPONÍVEL EM [HTTP://higiene-seguranca-trabalho.dashofer.pt](http://higiene-seguranca-trabalho.dashofer.pt), ACEDIDO EM 13 JANEIRO 2015.
- CROSBY, P. B. (2009). QUALITY IS STILL FREE. MCGRAW-HILL, NEW YORK.
- DEMING, W. EDWARDS (2000). OUT OF THE CRISIS (1. MIT PRESS ED.). CAMBRIDGE, MASS.: MIT PRESS. P. 88. ISBN 0262541157
- GEC (2014). GUIA DE EMPRESAS CERTIFICADAS. LISBOA: CEM PALAVRAS. EDIÇÃO 09. DEPÓSITO LEGAL 236645/05.
- GERTOR (2011). MANUAL DO SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE. REVISÃO 3.
- GORT (2015). RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO PELA GESTÃO. EMPRESA GORT.
- JURAN, J. M. (1995). MANAGERIAL BREAKTHROUGH. MCGRAW-HILL, NEW YORK.
- LAURENTI, R.; VILLARI, B. D.; ROZENFELD, H. (2012). “PROBLEMAS E MELHORIAS DO MÉTODO FMEA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA”, IN PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. VOL. 10, Nº 1. ITAJUBÁ. PP. 59-70. DISPONÍVEL EM [HTTP://www.revista-ped.unifei.edu.br/documentos/V10N01/06-1211-V10-N1-2012.PDF](http://www.revista-ped.unifei.edu.br/documentos/V10N01/06-1211-V10-N1-2012.PDF), ACEDIDO EM 17 DE SETEMBRO DE 2014.
- LOISELLE, J. (2012). IMPROVING EFFICIENCY AND EFFECTIVENESS OF FMEA STUDIES. SEBAGO – USA: QA ASSISTANT LLC. DISPONÍVEL EM [HTTP://asq.org/public/improving-efficiency-and-effectiveness-of-fema-studies.pdf](http://asq.org/public/improving-efficiency-and-effectiveness-of-fema-studies.pdf), ACEDIDO EM 02 DE JANEIRO DE 2014.

- McDERMOTT, R. E.; RAYMOND, J. M.; BEAUREGARD, M. R. (2009). THE BASICS OF FMEA. NEW YORK: PRODUCTIVITY PRESS. 2ND EDITION. ISBN 13: 978-1-56327-377-3.
- NP 4397:2008. SISTEMAS DE GESTÃO DA SEGURANÇA E SAÚDE DO TRABALHO – REQUISITOS. INSTITUTO PORTUGUÊS DA QUALIDADE. CAPARICA: 2008. 2ª EDIÇÃO.
- NP EN ISO 14001:2004/ EMENDA 1:2006. SISTEMAS DE GESTÃO AMBIENTAL – REQUISITOS E LINHAS DE ORIENTAÇÃO PARA A SUA UTILIZAÇÃO. INSTITUTO PORTUGUÊS DA QUALIDADE. CAPARICA, 2004/2006. 2ª EDIÇÃO.
- NP EN ISO 9001:2008. SISTEMAS DE GESTÃO DA QUALIDADE – REQUISITOS. INSTITUTO PORTUGUÊS DA QUALIDADE. CAPARICA: 2008. 3ª EDIÇÃO.
- OHSAS 18001:2007. OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY MANAGEMENT SYSTEMS – REQUIREMENTS. BRITISH STANDARD INSTITUTION. LONDON: – BSI: 2008. LICENSE NUMBER 2007-SS-BSIMS-UK.
- PENTTI, H.; ATTE, H. (2002). FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS OF SOFTWARE-BASES AUTOMATION SYSTEMS. HELSINKI: STUK-YTO-TR 190. DISPONÍVEL EM [HTTP://WWW.FMEAINFOCENTRE.COM/HANDBOOKS/SOFTWAREFMEA.PDF](http://www.fmeainfocentre.com/handbooks/softwarefmea.pdf), ACEDIDO EM 04 DE OUTUBRO DE 2014.
- ROXO, M. M. (2009). SEGURANÇA E SAÚDE DO TRABALHO: AVALIAÇÃO E CONTROLO DE RISCOS. COIMBRA: EDIÇÕES ALMEDINA. ISBN 9789724022734.
- SILVA, A. (2016). MÉTODO FMEA: FERRAMENTA DE MELHORIA DA QUALIDADE, AMBIENTE E SEGURANÇA NUMA PME”, TESE DE MESTRADO, INSTITUTO POLITÉCNICO DA GUARDA.
- STAMATIS, D. H. (2003). FAILURE MODE EFFECT ANALYSIS: FMEA FROM THEORY TO EXECUTION. MILWAUKEE: ASQ QUALITY PRESS. 2ND EDITION. ISBN 0-87389-598-3.
- TEIXEIRA, N. H. (2011). UMA METODOLOGIA DE PROBLEMAS DE QUALIDADE EM PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS (DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL, UNIVERSIDADE DO MINHO). DISPONÍVEL EM [HTTP://HDL.HANDLE.NET/1822/16185](http://hdl.handle.net/1822/16185), ACEDIDO EM 20 DE SETEMBRO DE 2014.
- TENG, G. S.; HO, M. S. (1996). “FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS – AN INTEGRATED APPROACH FOR PRODUCT DESIGN AND PROCESS CONTROL”, IN INTERNATIONAL JOURNAL OF QUALITY & RELIABILITY MANAGEMENT, VOL. 13, NO. 5. PP. 8-26. DISPONÍVEL EM [HTTP://WEBDB.UCL.AC.UK/OPERATIONS/HONSMQ/ARTICLES/FMEA.PDF](http://webdb.ucl.ac.uk/operations/honsqm/articles/fmea.pdf), ACEDIDO EM 25 DE SETEMBRO DE 2014.
- VERLAG DASHÖFER (1996). GESTÃO AMBIENTAL. DISPONÍVEL EM [HTTP://GESTAO-AMBIENTAL.DASHOFER.PT/](http://gestao-ambiental.dashofer.pt/), ACEDIDO EM 13 JANEIRO 2015.
- ZAMBRANO, T. F.; MARTINS, M. F. (2007). “UTILIZAÇÃO DO MÉTODO FMEA PARA AVALIAÇÃO DO RISCO AMBIENTAL”, IN GESTÃO E PRODUÇÃO. SÃO CARLOS. VOL. 14, Nº 2. P. 295-309. DISPONÍVEL EM [HTTP://WWW.SCIELO.BR/PDF/GP/V14N2/07.PDF](http://www.scielo.br/pdf/gp/v14n2/07.pdf), ACEDIDO EM 17 DE SETEMBRO DE 2015.